

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1017 U.S. PTO
10/071617
02/08/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。 #2

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 4月 3日

出願番号

Application Number:

特願2001-104122

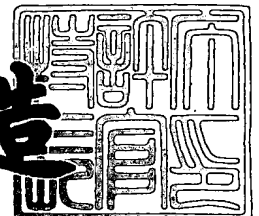
出願人
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年11月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3096357

【書類名】 特許願

【整理番号】 2022030048

【提出日】 平成13年 4月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 1/02
G02B 5/18
G02B 6/12

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 浜田 英伸

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 屈折率の周期的変化を有し、前記周期構造の複数の逆格子ベクトルの内、第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルの相互角度が 90° 以下で、前記第 1 の逆格子ベクトルの TE 波の波数が TM 波の波数よりも大きく、前記第 2 の逆格子ベクトルの TE 波の波数が TM 波の波数よりも小さい第 1 の光学部材、一定波長間隔の複数波長において奇数番目波長と偶数番目波長間で一定の偏光状態差をつける位相子、前記第 1 の光学部材に前記第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルを含む面と平行方向に前記光を入射させる入射部、前記第 2 の光学部材からの出射光を受光する受光部とを備えることを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の位相子が、屈折率の周期的変化を有し、前記周期構造の複数の逆格子ベクトルの内、一定波長間隔の複数波長の奇数番目波長の第 3 の逆格子ベクトルと第 4 の逆格子ベクトルの奇数番目波数差と偶数番目波長の第 3 の逆格子ベクトルと第 4 の逆格子ベクトルの偶数番目波数差の差が一定値で、かつ、第 3 の逆格子ベクトルと第 4 の逆格子ベクトルを含む面と請求項 1 に記載の第 1 の光学材料の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルを含む面が 45° の角度をなすことを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

【請求項 3】 入射側光ファイバー、請求項 1 に記載の第 1 の光学部材、一定間隔の複数波長の奇数番波長の偏光状態と偶数番波長の偏光状態が互いに直交する直線偏光となるように厚みを調整した請求項 1 に記載の位相子、前記第 1 の光学材料と同等の光学特性を有し、逆格子ベクトルが互いに平行である第 3 の光学部材、前記奇数番波長あるいは偶数番波長の TE 波と TM 波を合波する合波部、奇数番波長のみを受光する奇数番用出射側光ファイバー、偶数番波長のみを受光する偶数番波長用出射側光ファイバー、前記 3 個の光ファイバーに付随するレンズで構成され、前記入射側光ファイバーと前記奇数番波長用出射側光ファイバーと前記偶数番波長用出射側光ファイバーが前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルを含む面に平行に配置されることを特徴とする光デ

バイス。

【請求項 4】入射側光ファイバー、請求項 1 に記載の第 1 の光学部材、一定間隔の複数波長の奇数番波長の偏光状態と偶数番波長の偏光状態が互いに直交する直線偏光となるように厚みを調整した請求項 1 に記載の位相子、前記第 1 の光学材料と同等の光学特性を有し、第 1 の逆格子ベクトルと前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルが前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルのなす角度に等しい第 3 の光学部材、前記奇数番波長あるいは偶数番波長の T E 波と T M 波を合波する合波部、奇数番波長のみを受光する奇数番用出射側光ファイバー、偶数番波長のみを受光する偶数番波長用出射側光ファイバー、前記 3 個の光ファイバーに付随するレンズで構成され、前記入射側光ファイバーと前記奇数番波長用出射側光ファイバーと前記偶数番波長用出射側光ファイバーが前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルを含む面に平行に配置されることを特徴とする光デバイス。

【請求項 5】請求項 1 に記載の第 1 の光学部材の分散面と同等の分散面を有する第 5 の光学部材と、前記第 5 の光学部材に前記第 5 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルを含む面と平行方向に前記光を入射させる入射部と、前記第 5 の光学部材からの出射光の一部のみを受光する受光部で構成されることを特徴とする光デバイス。

【請求項 6】入射側光ファイバー、入射側レンズ、請求項 5 に記載の第 5 の光学部材、ファラデー結晶、請求項 5 に記載の第 5 の光学部材と同等の分散面を有する第 6 の光学部材、出射側レンズ、出射側光ファイバー、前記ファラデー結晶の回転角を飽和させる磁界で構成され、前記第 5 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルと光軸を含む面と前記第 6 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルと光軸を含む面が光軸を中心に 45° の角度をなし、かつ、前記第 5 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと前記第 6 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルが前記第 5 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルのなす角度に等しく、前記出射側光ファイバーは T E 波あるいは T M 波のいずれかのみを受光することを特徴とする光デバイス。

【請求項 7】入射側光ファイバー、入射側レンズ、請求項 5 に記載の第 5 の光

学部材、ファラデー結晶、請求項 5 に記載の第 6 の光学部材、出射側レンズ、出射側光ファイバー、前記ファラデー結晶の回転角を飽和させる磁界で構成され、前記第 5 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルと光軸を含む面と前記第 6 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルと光軸を含む面が光軸を中心に 45° の角度をなし、かつ、前記第 5 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルと前記第 6 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトルが平行で、前記出射側光ファイバーは TE 波あるいは TM 波のいずれかのみを受光することを特徴とする光デバイス。

【請求項 8】請求項 1 から 7 のいずれかに記載の第 1 から第 6 の光学部材のそれぞれが、2 種類の屈折率の異なる第 1 の物質と第 2 の物質で構成され、前記第 1 の物質は第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルを含む面に垂直な柱状形状で、ある一定の周期をもって分布する構造を有することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 9】請求項 1 から 7 のいずれかに記載の第 1 から第 6 の光学部材のそれぞれが、2 種類の異なる屈折率を有し、かつ、3 次元的に閉じた面を有する第 1 の物質と第 2 の物質で構成され、ある一定の周期をもって分布する構造を有することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 10】請求項 1 から 6 のいずれかに記載の第 1 ～第 6 の光学部材および、請求項 2 に記載の位相子が、光軸上の隣合う部品の端面上に形成され、一体化されることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 11】請求項 1 から 10 のいずれかに記載の光デバイスが、入射側光ファイバーあるいは出射側光ファイバーを位置決めする溝付基板上に一体化された構造を有することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれかに記載の光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、WDM 光通信に使用される光インターリーバや偏波依存型光アイソレーターなどの光デバイスに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来の光デバイスであるルチル等の自然複屈折を利用した光分波器の例を図 1 3 に示す。入射側光ファイバー 1 3 1、入射側レンズ 1 3 2、ルチルなどの複屈折材料 1 3 3、第 1 の出射側レンズ 1 3 4、第 1 の出射側光ファイバー 1 3 5、第 2 の出射側レンズ 1 3 6、第 2 の出射側光ファイバー 1 3 7 で構成され、前記入射側光ファイバー 1 3 1 から入射側レンズ 1 3 2 により前記複屈折材料 1 3 3 へ結合された入射光は常光 (TE 波) 1 3 9 と異常光 (TM 波) 1 3 8 に分離し、前記複屈折材料 1 3 3 の長さに応じた分離幅を相対出射位置とする常光 1 3 9 と異常光 1 3 8 は、それぞれ第 1 の出射側レンズ 1 3 4 を介して第 1 の出射側光ファイバー 1 3 5 と第 2 の出射側レンズ 1 3 6 を介して第 2 の出射側光ファイバー 1 3 7 に結合される。

【 0 0 0 3 】

ところで、ルチルなどの自然に存在する複屈折材料は図 1 4 のような偏波分散面 (屈折率楕円体) を有し、前記複屈折材料に入射した光は運動量保存の法則に従って常光と異常光の分散面に垂直な方向に伝播する。

【 0 0 0 4 】

しかし、従来のルチルなどの複屈折材料では、常光と異常光の分散面の相違が小さく、従って常光と異常光の分離角度も小さいので、複屈折材料の長さが大きくなり、分波器の大きさも大きくなる。

【 0 0 0 5 】

次に、特開平 2 0 0 0 - 1 8 0 7 8 9、特開平 2 0 0 0 - 2 4 1 7 6 2、特開平 2 0 0 0 - 2 4 1 7 6 3、特開平 2 0 0 0 - 2 8 4 2 2 5 などに開示される屈折率の周期構造を有するフォトリック結晶 (Photonic Crystal) を偏光子として使用した従来の光アイソレーターとの差異を説明する。なお、本願で言うフォトリック結晶とは、光の波長程度の周期性を持つ人工的な多次元周期構造を意味する。

【 0 0 0 6 】

前記フォトリック結晶を偏光子として使用する従来の光アイソレーターは、T

E波とTM波のいずれかを入射面で反射するフォトニックバンド構造を有するフォトニック結晶を使用しており、そのため前記フォトニック結晶の反射光が光源側に結合されないように前記フォトニック結晶を光軸から傾けた構造を有している。このような戻光を遮断する光アイソレーターにおいて光源側からの入射光を反射する構成は、前記反射光を光源側と結合させない別の光学系、あるいは、光学的設計を必要とし、構成が複雑となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

従来の方法では、自然に存在するルチルなどの複屈折材料を使用しているため、常光と異常光の分離角度も小さいく、複屈折材料の長さが大きくなり、分波器の大きさも大きくなる。その上、位相子を使用して位相をつける必要があり、部品点数も多い。

【0008】

本発明は、フォトニック結晶を偏光子として使用する従来の分波器の課題を考慮し、部品点数の低減と小型の光学系を構成できる光デバイスを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するため本発明は、屈折率の周期的変化を有し、前記周期構造の複数の逆格子ベクトルの内、第1の逆格子ベクトルと第2の逆格子ベクトルの相互角度が 90° 以下で、前記第1の逆格子ベクトルのTE波の波数がTM波の波数よりも大きく、前記第2の逆格子ベクトルのTE波の波数がTM波の波数よりも小さい第1の光学部材、一定波長間隔の複数波長において奇数番目波長と偶数番目波長間で一定の偏光状態差をつける位相子、前記第1の光学部材に前記第1の逆格子ベクトルと第2の逆格子ベクトルを含む面と平行方向に前記光を入射させる入射部、前記第2の光学部材からの出射光を受光する受光部で構成される。

【0010】

このように、TE波とTM波の分離に使用波長における前記第1の逆格子ベク

トルのTE波の波数がTM波の波数よりも大きく、前記第2の逆格子ベクトルのTE波の波数がTM波の波数よりも小さい光学部材と使用すると、TE波とTM波のそれぞれの分散面の相違が大きくなり、分離角度が巨大になるので、回折の影響が無視できる伝播距離で前記TE波とTM波の分離が可能となり、光デバイスの小型化ができる。また、WDMなど一定波長間隔の複数波長において奇数番目波長と偶数番目波長間で一定の偏光状態差をつける位相子と前記第1の光学部材を一体化することで、2個の偏光状態と2種類の波長（奇数番波長と偶数番波長）の組合せによって各種機能デバイスに応用可能となる。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態例について図面を参照して説明する。

【 0 0 1 2 】

（実施の形態1）

図1に本光デバイスの第1の実施の形態である位相子機能付分波器の構成概要図を示す。

【 0 0 1 3 】

本光デバイスの第1の実施の形態は、図1に示すように、互いに平行な入射面と出射面を有する第1の物質5に前記第1の物質5と屈折率の異なり、前記第1の物質の入射面に平行な方向に伸びる柱状の第2の物質6が前記2次元方向に対してある一定の周期をもって分布する構造を有する分波部4、互いに平行な入射面と出射面を有する第3の物質18に前記第3の物質18と屈折率の異なり、前記第3の物質の入射面に平行で、光軸周囲に前記柱状の第2の物質6に対して45°方向に伸びる柱状の第4の物質19が前記2次元方向に対してある一定の周期をもって分布する構造を有する位相部17、前記分波部4に前記第1の逆格子ベクトル（K）12と第2の逆格子ベクトル（M）13を含む面と平行方向に光を入射させる入射側光ファイバー1と、前記位部17から出射する分離した前記TM波（ f_{2n} ）8、（ f_{2n-1} ）10とTE波（ f_{2n} ）9、（ f_{2n-1} ）11をそれぞれ受光する第1の出射側光ファイバー2と第2の出射側光ファイバー3と、前記分波部4と前記位相部17と前記入射側光ファイバー1と第1の出射側光フ

イバー 2 と第 2 の出射側光ファイバー 3 を相対的に位置決めするガイド 7 で構成される。

【 0 0 1 4 】

図 2 に、前記第 1 の物質に前記第 1 の物質と屈折率が異なり、前記第 1 の物質の入射面に平行な方向に伸びる柱状の第 2 の物質が前記 2 次元方向に対してある一定の周期をもって分布する構造を有する分波部で、K 方向と M 方向に逆格子ベクトルを有するのフォトニックバンドの例を示す。横軸のブリルアンゾーン内の波数ベクトルは前記光学部材中の光の伝搬方向に対応し、縦軸の規格化周波数は光源波長に対応している。

【 0 0 1 5 】

図 2 の例は、光源波長 f について、TM モードは A 点 (K 方向) と A' 点 (M 方向) の波数となり、TE モードは B 点 (K 方向) と B' 点 (M 方向) の波数となり、前記 M 方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも大きく、前記 K 方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも小さい。従って、波長 f_{2n} での TE 波と TM 波の分散面は、図 3 のように 6 回対称で、K 方向と M 方向で TE 波と TM 波で波数の大きさが逆転するのであらゆる方向において分散面に垂直な方向 (群速度方向) が TE 波と TM 波で大きく異なり、大きな分離角が得られる。

【 0 0 1 6 】

例えば、図 3 に示すような入射光がある場合、境界条件である境界面上での電界成分の運動量保存の法則により前記光学部材内での TE 波と TM 波の波数ベクトルが決まり、前記それぞれの波数ベクトル終点での分散面の垂線 (グラジエント方向) が伝播方向 (群速度方向) となる。TE 波と TM 波の伝播方向は、各分散面で決まるため図 3 の例では分離角度は 90° 程度となる。ルチルなど自然に存在する複屈折材料ではせいぜい 15° 程度の分離角度が得られないため、その効果は明らかである。

【 0 0 1 7 】

このように、TE 波と TM 波のそれぞれの分散面の相違を大きくし、分離角度を巨大にすると、前記分波部の長さを小さくできるので回折の影響が小さい伝播距離で前記 TE 波と TM 波の分離が可能となり、レンズなどの部品工数の低減と

デバイスの小型化ができる。

【 0 0 1 8 】

ところで、図 3 のからわかるように、TE 波と TM 波の分離方向は、入射光方向によっても変化するので、TE 波と TM 波が前記第 1 の出射側光ファイバーと前記第 2 の出射側光ファイバーに結合するように、前記分波部の光伝播方向の長さと同前記入射側光ファイバーからの前記分波部への入射光の方向を調整すれば、任意の位置の前記第 1 の出射側光ファイバーと前記第 2 の出射側光ファイバーに結合することも可能である。

【 0 0 1 9 】

一方、前記位相部の第 3 の物質に前記第 3 の物質と屈折率が異なり、前記第 3 の物質の入射面に平行な方向に伸びる柱状の第 4 の物質が前記 2 次元方向に対してある一定の周期をもって分布する構造を有する位相部で、K 方向と M 方向に逆格子ベクトルを有するのフォトリックバンドの例を図 4 に示す。図 2 の例は、光源波長 f について、前記柱状の第 2 の物質方向を基準にして、光軸周囲に -45° 方向は A 点 (K 方向) と A' 点 (M 方向) の等しい波数、 $+45^\circ$ 方向は B 点 (K 方向) と B' 点 (M 方向) の等しい波数となり、いずれの方向について -45° 方向の波数が大きい。

【 0 0 2 0 】

従って、波長 f_{2n} での TE 波と TM 波の分散面は、図 5 のように中心対称で、図 5 に示すような入射光がある場合、境界条件である境界面上での電界成分の運動量保存の法則により前記位相部内での $+45^\circ$ 方向と -45° 方向の波数ベクトルが決まり、同一波長の $+45^\circ$ 方向と -45° 方向の位相差 (波数差 $\Delta k \times$ 伝播距離 d) で前記波長での偏光状態が決まり、前記分波部 4 からの入射光である直線偏光は前記位相差が $2m\pi$ (m : 整数) の場合は同一方向の直線偏光に、 $(2m-1)\pi$ の場合は 90° 傾いた直線偏光となる。従って、WDM など一定波長間隔の複数波長において奇数番目波長の位相差と偶数番目波長の位相差の差が $m\pi$ の時、前記奇数番目波長の直線偏光と偶数番目波長の直線偏光は直交する。

【 0 0 2 1 】

このように、前記分波部 4 と前記位相部 1 7 を組合せることによって、WDM など一定波長間隔の複数波長において異なる偏光状態を分離すると同時に波長別に偏光状態を操作することができる。

【 0 0 2 2 】

なお、前記分波部の屈折率の周期構造を作る方法としては、基板となる第 1 の物質に互いに平行な柱状穴を周期的に形成したり、前記柱状穴を前記第 1 の物質の屈折率と異なる屈折率を有する物質で充填したり、柱状の物質を積層したり、第 1 の物質にレーザーなどを照射し周期的に前記第 1 の物質の屈折率を変化させたりする方法がある。

【 0 0 2 3 】

屈折率の 2 次元的な周期構造は、図 1 のような 3 角配置以外に四角配置や蜂の巣配置などがあり、それぞれ逆格子ベクトルが異なる。

【 0 0 2 4 】

また、球状の物質を 3 次元的に積み上げて面心立方や体心立方など結晶構造を形成し、3 次元の屈折率の周期構造を形成する場合には、2 個以上の逆格子ベクトルができるので、前記逆格子ベクトルから適当な 2 個の逆格子ベクトルを選択して、図 2 のように、使用波長において前記第 1 の逆格子ベクトルの T E 波の波数が T M 波の波数よりも大きく、前記第 2 の逆格子ベクトルの T E 波の波数が T M 波の波数よりも小さく、かつ、隣合った波長間で T E 波および T M 波のそれぞれの波数差がほぼ等しくなるように屈折率差や結晶構造を形成すれば 2 次元の場合と同様のメカニズムで T E 波と T M 波を分離することができる。なお、上記結晶構造の格子点に位置する柱形状あるいは球形の物質は、作製上の都合から前記各格子点の物質が繋がっている構造でも何ら問題は無い。

【 0 0 2 5 】

（実施の形態 2）

図 6 と図 7 に本光デバイスの第 2 の実施の形態である WDM 用光インターリーバの構成概要図と各光学部品出射時の偏光状態を示す。

【 0 0 2 6 】

本光デバイスの第 2 実施の形態は、図 6 に示すように、入射側光ファイバー 5

1、第1の実施の形態に記載の分波部と同等の光学特性を有する第1の分波部61、第1の実施の形態に記載の位相部と同等の光学特性を有し、一定波長間隔の複数波長において奇数番目波長の位相差と偶数番目波長の位相差の差を $m\pi$ とする厚みを有する位相子62、前記第1の分波部と同等の光学特性を有し、設定方向も前記第1の分波部と同じ第2の分波部63、前記一定間隔の複数波長を有する光の奇数番波長あるいは偶数番波長のTE波とTM波を合波する合波部64、奇数番波長用出射側光ファイバー69、偶数番波長用出射側光ファイバー68、前記3個の光ファイバーに付随するレンズ52、67で構成され、前記入射側光ファイバー51と前記第1の分波部61と前記第2の分波部63と前記奇数番波長用出射側光ファイバー69と前記偶数番波長用出射側光ファイバー68が前記第1の分波部61の第1の逆格子ベクトルと第2の逆格子ベクトルを含む面に平行に配置され、前記第2の分波部63において奇数番波長のTE波とTM波が合波され、前記第2の分波部63において合波されない偶数番波長のTE波とTM波は前記合波部64で合波され、奇数番波長用出射側光ファイバー69と偶数番波長用出射側光ファイバー68にそれぞれ奇数番波長と偶数番波長が分離される。

【0027】

次に、本実施の形態の動作を各光学部品の出射光の偏光状態で説明する。

【0028】

まず、進行光の偏光状態は図6に示すように、入射側光ファイバー51から送られる無偏波光は、第1の分波部61において波長 f_{2n} と波長 f_{2n-1} のいずれもTM波は上側へ、TE波は下側へ分離され、前記位相子62において波長 f_{2n} と隣合う波長 f_{2n-1} 間でTE波とTM波のそれぞれに相対的に $n\pi$ (n :整数)の位相差をつけ、波長 f_{2n} と隣合う波長 f_{2n-1} 間でTE波とTM波のそれぞれの偏光方向を相対的に 90° 変化させる。前記第2の分波部63において、偏光方向が 90° 異なる波長 f_{2n} のTE波と波長 f_{2n-1} のTE波はそれぞれ下側と上側に分離し、また、同様に偏光方向が 90° 異なる波長 f_{2n} のTM波と波長 f_{2n-1} のTM波はそれぞれ上側と下側に分離しする。

【0029】

ここで、波長 f_{2n-1} の T E 波と T M 波の出射位置を一致させるために、前記第 1 の分波部 6 1 と前記第 2 の分波部 6 3 の光軸方向のそれぞれの厚みを調整して分離距離が等しくなるようにする。結合した波長 f_{2n-1} の T E 波と T M 波はそのまま奇数番波長用出射側光ファイバー 6 9 に結合させ、依然分離している f_{2n} の T E 波と T M 波をさらにミラー 6 5 と合波器 6 6 で構成される合波部 6 4 で結合され、偶数番波長用出射側光ファイバー 6 8 に結合させる。このように、WDM など一定波長間隔のスペクトルを有する光信号は、互いに隣合う偶数番波長と奇数番波長の光信号に分離される。

【 0 0 3 0 】

なお、前記第 1 の分波部と前記第 2 の分波部の T E 波と T M 波の分離方向は、それぞれの逆格子ベクトルで決まるので、いずれを上側、下側に分離し、前記合波部でいずれを合波するかは前記第 1 の分波部と前記第 2 の分波部の設定で任意に変えることができるので、次に、前記第 2 の分波部の設定方向を変え、前記第 1 の分波部の第 1 の逆格子ベクトルと前記第 2 の分波部の第 1 の逆格子ベクトルのなす角度が前記第 1 の分波部の第 1 の逆格子ベクトルと第 2 の逆格子ベクトルのなす角度に等しく設定した第 3 の分波部を使用した例を図 7 に示す。

【 0 0 3 1 】

この場合は、図 7 に示すように、第 3 の分波部での奇数番波長と偶数番波長の T E 波と T M 波の移動方向が前記の図 6 と逆転するので、偶数番波長の T E 波と T M 波は前記第 3 の分波部で合波されて光軸上 5 0 の偶数番波長用出射側光ファイバー 6 8 へ入射する。一方、前記第 3 の分波部で合波されない奇数番波長の T E 波と T M 波はミラー 6 5 と合波器 6 6 で構成される合波部 6 6 で合波され、奇数番波長用出射側光ファイバー 6 9 へ入射する。

【 0 0 3 2 】

(実施の形態 3)

図 8 に本光デバイスの第 3 の実施の形態である偏光子の構成概要図を示す。

【 0 0 3 3 】

本光デバイスの第 3 の実施の形態は、図 3 に示すように、互いに平行な入射面と出射面を有する第 1 の物質 8 4 に前記第 1 の物質と屈折率の異なり前記第 1 の

物質の入射面に平行な方向に伸びる柱状の第2の物質85が前記2次元方向に対してある一定の周期をもって分布する構造を有する第3の分波部83と、前記第3の分波部83に前記第一の逆格子ベクトル(K)88と第二の逆格子ベクトル(M)89を含む面と平行方向に光を入射させる入射側光ファイバー81と、前記第3の分波部83から出射する分離した前記TE波87のみを受光する第1の光ファイバー82と、前記第3の分波部83と入射側光ファイバー81と第1の出射側光ファイバー82を相対的に位置決めするガイド80で構成される。

【0034】

前記第3の分波部83は第2の実施の形態の第1の分波部54と同様の分散面を有し、TE波とTM波の分離方向は、前記第1の物質84と第2の物質85の屈折率差と前記屈折率周期、および入射光角度で決まり、出射側光ファイバー82に受光されないTM波は図8に示すように前方方向に分離することも、後方方向に分離することも可能である。

【0035】

(実施の形態4)

図9に本光デバイスの第4の実施の形態である偏波依存型光アイソレーターの構成概要図と各光学部品出射時の偏波状態を、図9に反光の各光学部品出射時の偏波状態を示す。

【0036】

本光デバイスの第4の実施の形態は、図9に示すように、光軸90上の入射側光ファイバー91、入射側レンズ92、入射側分波部93、ファラデー結晶94、第1の出射側分波部95、出射側レンズ96、出射側光ファイバー97と、前記ファラデー結晶94の回転角を飽和させる磁界H98で構成され、前記入射側分波部93と前記第1の出射側分波部95は光軸周囲に相対的に45°傾け、前記入射側分波部93の第1の逆格子ベクトルと前記出射側分波部の第1の逆格子ベクトルが前記入射側分波部93の第1の逆格子ベクトルと第2の逆格子ベクトルのなす角度に等しく設定される。

【0037】

次に、本実施の形態の動作を各光学部品の出射光の偏光状態で説明する。

【0038】

まず、進行光の偏光状態は図9に示すように、入射側光ファイバー91から送られる無偏波光は、入射側分波部93でTM波99とTE波100に分離し、ファラデー結晶94で前記TM波99とTE波100は 45° 回転する。第1の出射側分波部95でTM波99とTE波100は分離したまま出射されるが、TE波100が出射する位置に出射側光ファイバー97を配置し、TM波を受光しないようにする。

【0039】

一方、戻光については図10に示すように、前記出射側光ファイバー97から出射される無偏波光は第1の出射側分波部95でTM波103とTE波104が合異なる方向に変移し、ファラデー結晶94では前記TM波103とTE波104は 45° 回転する。入射側分波部93でTM波103とTE波104は、さらに光軸90から離れる方向へ変移するので前記TM波103とTE波104は入射側光ファイバー91に結合されない。従って、光は一方向にのみ進行できる。

【0040】

(実施の形態5)

図11に本光デバイスの第5の実施の形態である偏波依存型光アイソレーターの構成概要図と各光学部品出射時の偏波状態を、図11に戻光の各光学部品出射時の偏波状態を示す。

【0041】

本光デバイスの第5の実施の形態は、図11に示すように、光軸90上の入射側光ファイバー91、入射側レンズ92、入射側分波部93、ファラデー結晶94、第2の出射側分波部111、出射側レンズ115、出射側光ファイバー116と、前記ファラデー結晶94の回転角を飽和させる磁界H69で構成され、前記入射側分波部93と前記出射部分波部111は光軸周囲に相対的に 45° 傾け、前記入射側分波部の第1の逆格子ベクトルと前記第2の出射側分波部111の第1の逆格子ベクトルを平行に設定する。

【0042】

次に、本実施の形態の動作を各光学部品の出射光の偏光状態で説明する。

【0043】

まず、進行光の偏光状態は図11に示すように、入射側光ファイバー91から送られる無偏波光は、入射側分波部93でTM波113とTE波114に分離し、ファラデー結晶94で前記TM波113とTE波114は45°回転する。第2の出射側分波部111でTM波113とTE波114はさらに分離したまま出射されるが、TE波114が出射する位置に出射側光ファイバー116を配置し、TM波113を受光しないようにする。

【0044】

一方、戻光については図12に示すように、出射側光ファイバー116から出射される無偏波光は第2の出射側分波部111でTM波121とTE波122が合異なる方向に変移し、ファラデー結晶94では前記TM波121とTE波122は45°回転する。入射側分波部93でTM波121とTE波122は、依然光軸90から離れた状態で伝播するので前記TM波121とTE波122は入射側光ファイバー91に結合されない。従って、光は一方向にのみ進行できる。

【0045】

なお、出射側光ファイバーで受光する偏光波はTM波でも問題なく、その場合は、TM波が出射される位置に出射側光ファイバーを配置し、TE波を受光しないようにする。

【0046】

また、各光学部品の入射面での反射光の影響を避けるために、前記各光学部品の入射面を傾け、光軸に対して垂直にならないようにすることも可能である。

【0047】

以上実施の形態1から実施の形態5で述べた分波機能を有する分波部は、それぞれが2種類の屈折率の異なる第1の物質と第2の物質で構成され、前記第1の物質は第1の逆格子ベクトルと第2の逆格子ベクトルを含む面に垂直な柱状形状だけでなく、2種類の異なる屈折率を有し、かつ、球状形状など3次元的に閉じた面を有する第1の物質と第2の物質で構成され、ある一定の周期をもって分布する構造を有する。

【0048】

また、上記分波機能を有する分波部は、光軸上の隣合う部品の端面上に積層したり、前記端面にくぼみや溝を形成して作製することも可能である。

【 0 0 4 9 】

なお、実施の形態 1 から実施の形態 5 に記載の少なくとも一つの光ファイバーを位置決めする V 溝あるいは凹溝付基板を、実施の形態 1 から実施の形態 5 の部品と一体化すると、光軸調整無で光ファイバーを結合することができる。

【 0 0 5 0 】

また、前記 V 溝あるいは凹溝付基板上に、直接前記分波機能を有する分波部を構成する少なくとも 2 種類の屈折率の異なる物質をある一定の周期をもって分布する構造を形成することも可能である。

【 0 0 5 1 】

【発明の効果】

以上述べたところから明らかなように、本発明は、TE 波と TM 波の分離角度を 180° まで巨大にできるので、回折の影響が無視できるほどの伝播距離で前記 TE 波と TM 波の分離が可能となり、光デバイスの小型化ができる。さらに、光の互いに隣合う波長の TE 波の波数差と TM 波の波数差がほぼ等しいので、前記分離された隣合う波長の TE 波と TM 波の位相差が揃うので各種機能デバイスに応用可能となるという効果を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態である位相子機能付分波器の概要図

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態の位相子機能付分波器を構成する分波部のフォトリソレーションバンドの一例例を示す図

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態の位相子機能付分波器を構成する分波部の波長 f 時の TM 波と TE 波の分散面の一例を示す図

【図 4】

本発明の第 1 の実施の形態の位相子機能付分波器を構成する位相部のフォトリソレーションバンドの一例例を示す図

ックバンドの一例を示す図

【図 5】

本発明の第 1 の実施の形態の位相子機能付分波器を構成する位相部の波長 f_{2n} 時と波長 f_{2n-1} 時の TM 波と TE 波の分散面の一例を示す図

【図 6】

本発明の第 2 の実施の形態である光インタリーバの平行分波部の概要図

【図 7】

本発明の第 2 の実施の形態である光インタリーバの非平行分波部の概要図

【図 8】

本発明の第 3 の実施の形態である偏光子の概要図

【図 9】

本発明の第 4 の実施の形態である偏波依存型光アイソレーターの概要図と偏光状態の説明図

【図 1 0】

本発明の第 4 の実施の形態の戻光の偏光状態の説明図

【図 1 1】

本発明の第 5 の実施の形態である偏波依存型光アイソレーターの概要図と偏光状態の説明図

【図 1 2】

本発明の第 5 の実施の形態の戻光の偏光状態の説明図

【図 1 3】

従来の光分波器の概要図

【図 1 4】

従来の光分波器の TM 波と TE 波の分散面の一例を示す図

【符号の説明】

- 1 入射側光ファイバー
- 2 第 1 の出射側光ファイバー
- 3 第 2 の出射側光ファイバー
- 4 位相子機能付分波器

- 5 第 1 の物質
- 6 第 2 の物質
- 7 ガイド
- 8 TM 波 (f_{2n})
- 9 TE 波 (f_{2n})
- 1 0 TM 波 (f_{2n-1})
- 1 1 TE 波 (f_{2n-1})
- 1 2 第 1 の逆格子ベクトル (K)
- 1 3 第 2 の逆格子ベクトル (M)
- 1 4 入射側光ファイバー位置 (TM/TE)
- 1 5 出射側光ファイバー位置 (TM)
- 1 6 出射側光ファイバー位置 (TE)
- 1 7 位相部
- 1 8 第 3 の物質
- 1 9 第 4 の物質
- 5 0 光軸
- 5 1 入射側光ファイバー
- 5 2 入射側レンズ
- 5 3 偶数番波長信号
- 5 4 奇数番波長信号
- 5 5 偶数番波長用出射側光ファイバー位置
- 5 6 奇数番波長用出射側光ファイバー位置
- 6 1 第 1 の分波部
- 6 2 位相子
- 6 3 第 2 の分波部
- 6 4 合波部
- 6 5 ミラー
- 6 6 合波器
- 6 7 出射側レンズ

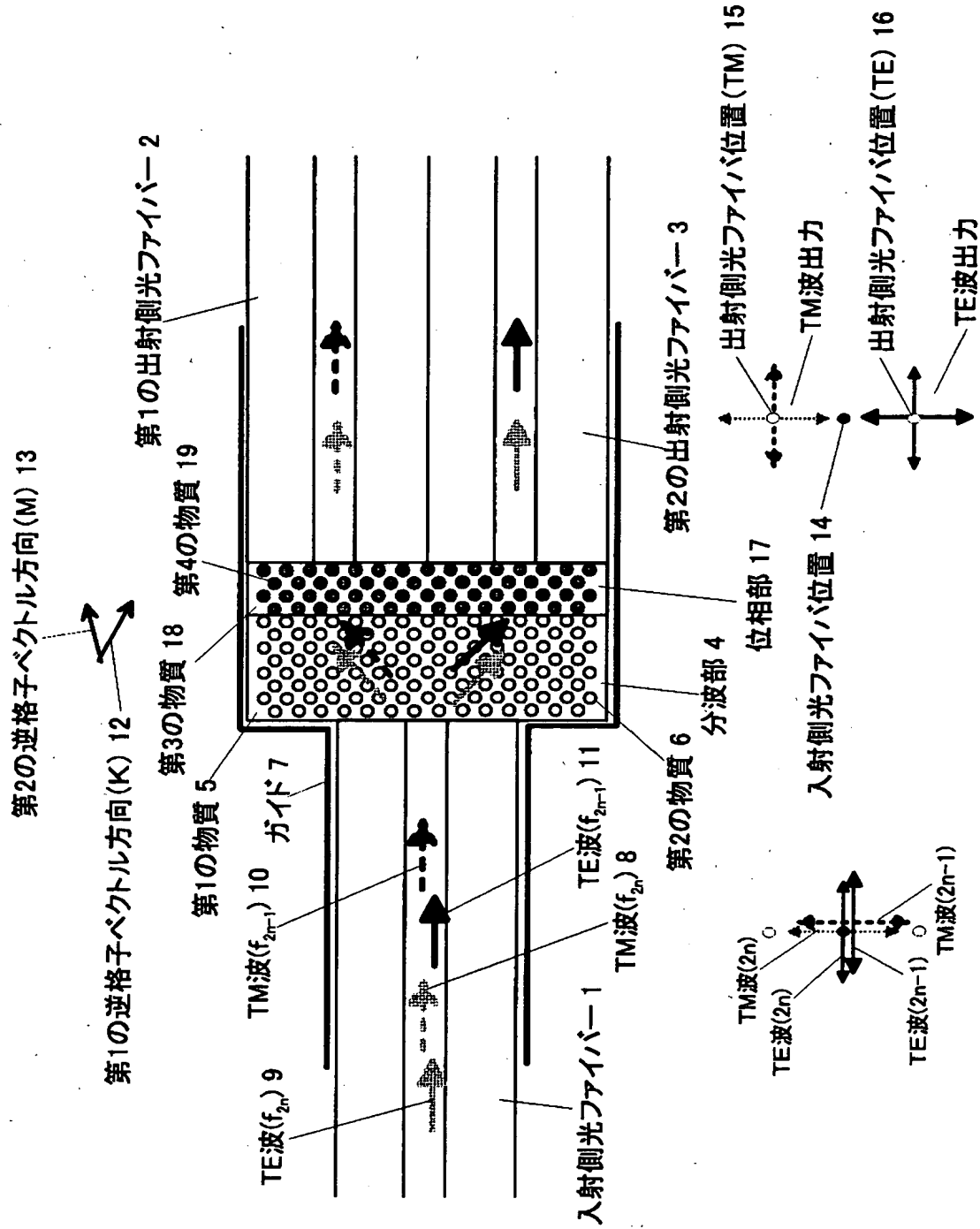
- 6 8 偶数番波長用出射側光ファイバー
- 6 9 奇数番波長用出射側光ファイバー
- 8 0 ガイド
- 8 1 入射側光ファイバー
- 8 2 出射側光ファイバー
- 8 3 第 3 の分波部
- 8 4 第 1 の物質
- 8 5 第 2 の物質
- 8 6 T M 波
- 8 7 T E 波
- 8 8 第 1 の逆格子ベクトル (K)
- 8 9 第 2 の逆格子ベクトル (M)
- 9 0 光軸
- 9 1 入射側光ファイバー
- 9 2 入射側レンズ
- 9 3 入射側分波部
- 9 4 ファラデー結晶
- 9 5 第 1 の出射側分波部
- 9 6 出射側レンズ
- 9 7 出射側光ファイバー
- 9 8 外部磁界
- 9 9 T M 波 (進行光)
- 1 0 0 T E 波 (進行光)
- 1 0 1 入射側光ファイバー位置
- 1 0 2 出射側光ファイバー位置
- 1 0 3 T M 波 (戻光)
- 1 0 4 T E 波 (戻光)
- 1 1 1 第 2 の出射側分波部
- 1 1 2 出射側光ファイバー位置

- 1 1 3 TM波（進行光）
- 1 1 4 TE波（進行光）
- 1 1 5 出射側レンズ
- 1 1 6 出射側光ファイバー
- 1 2 1 TM波（戻光）
- 1 2 2 TE波（戻光）
- 1 3 1 入射側光ファイバー
- 1 3 2 入射側レンズ
- 1 3 3 複屈折材料
- 1 3 4 第 1 の出射側レンズ
- 1 3 5 第 1 の出射側光ファイバー
- 1 3 6 第 2 の出射側レンズ
- 1 3 7 第 2 の出射側光ファイバー
- 1 3 8 TM波
- 1 3 9 TE波

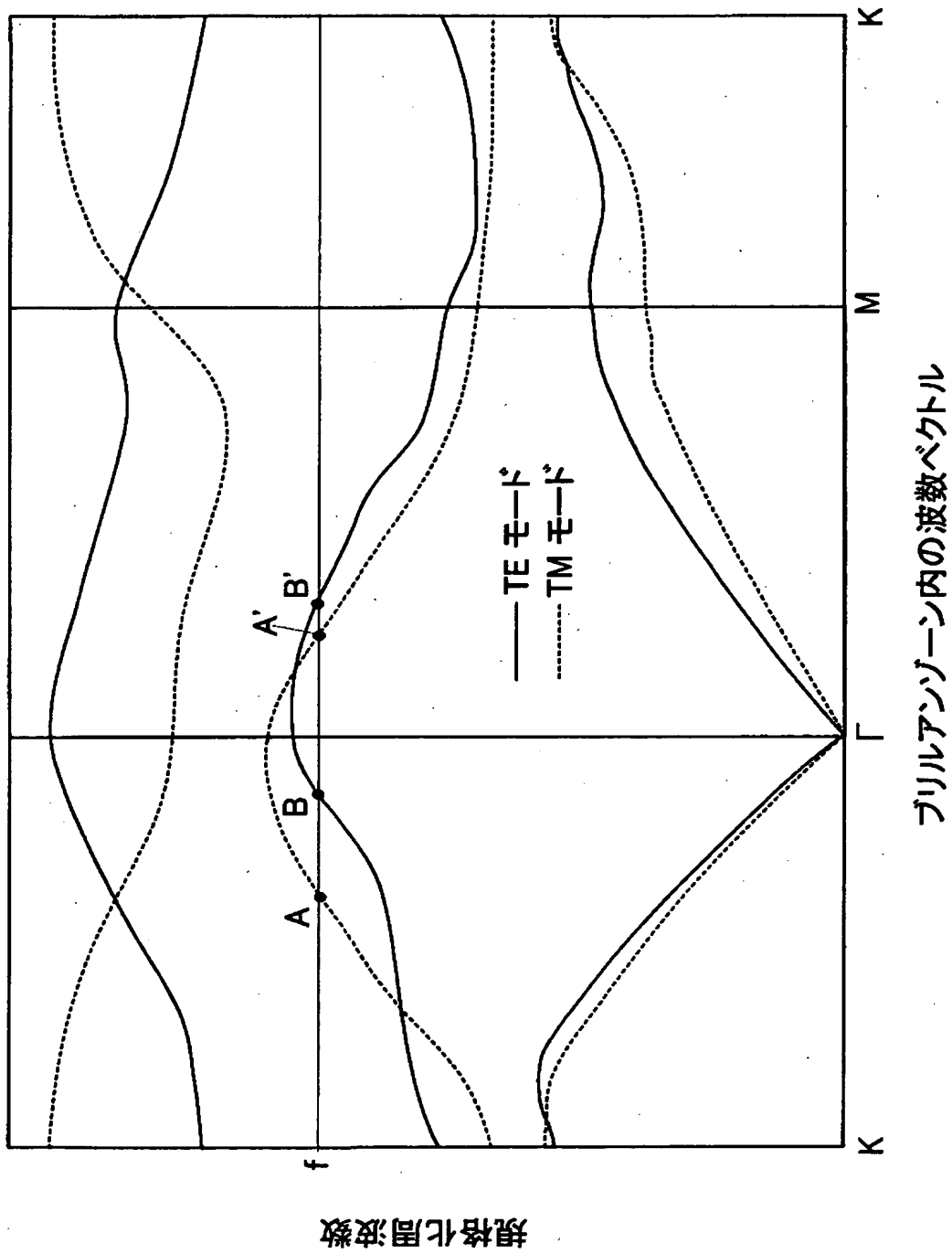
【書類名】

図面

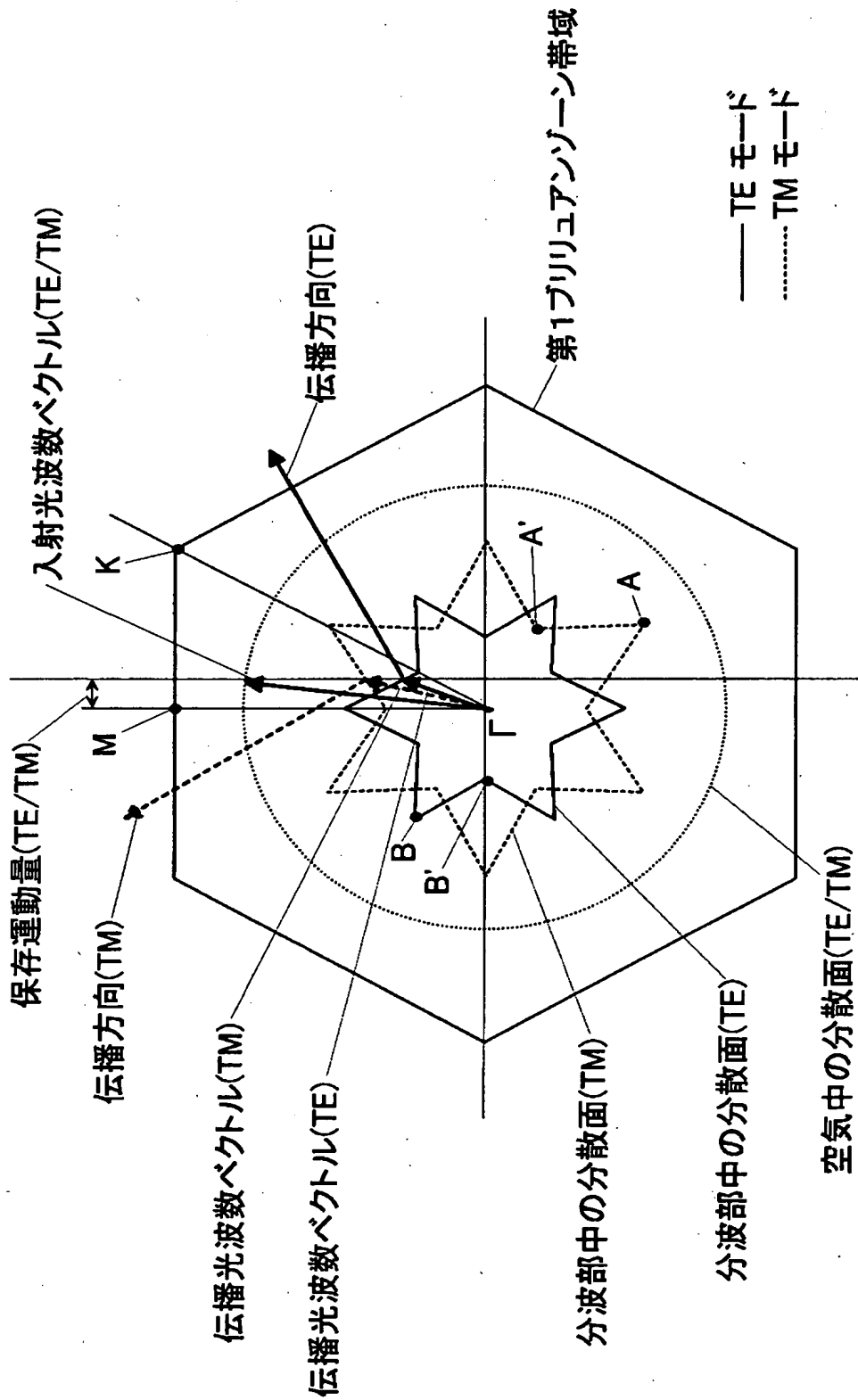
【図 1】



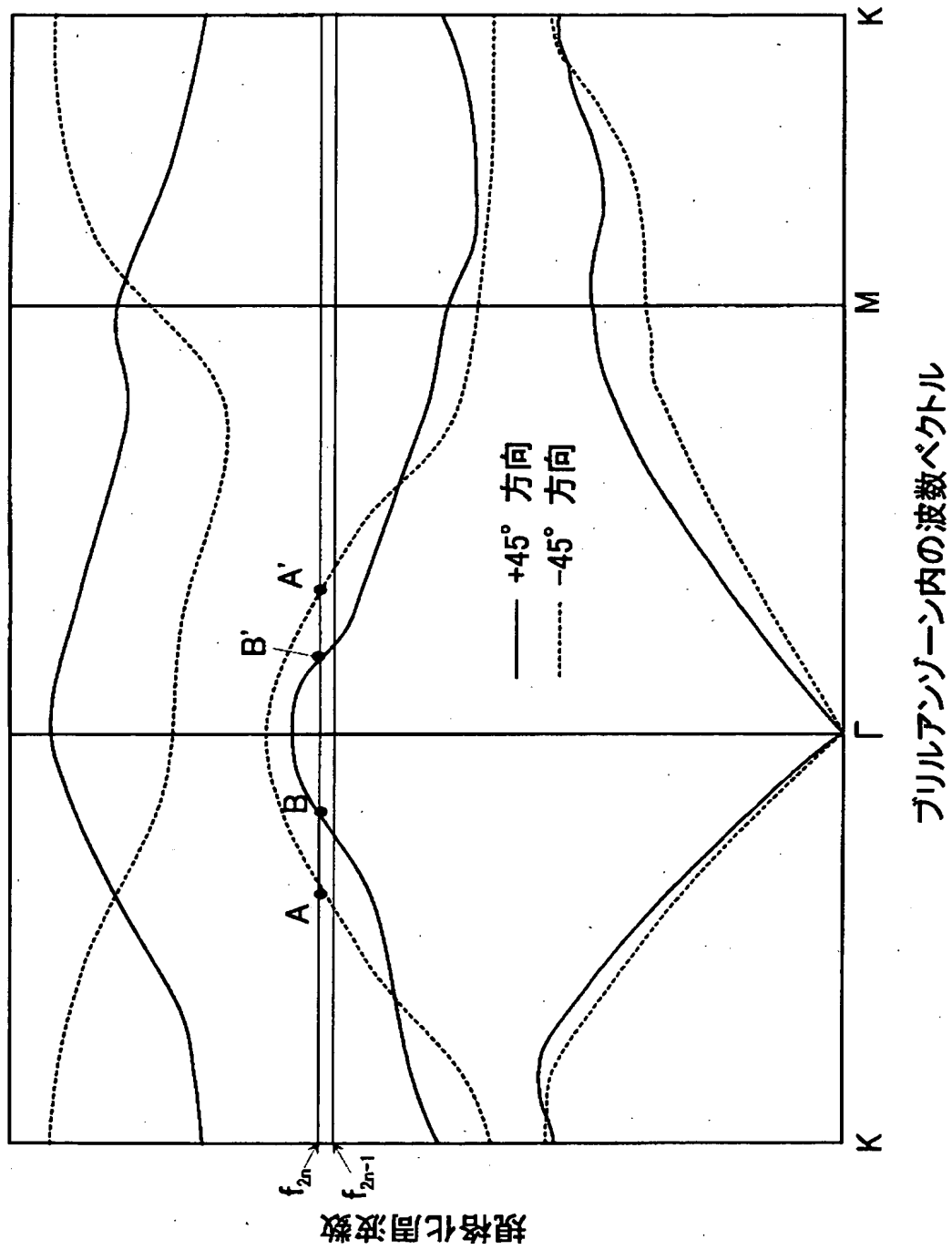
【図2】



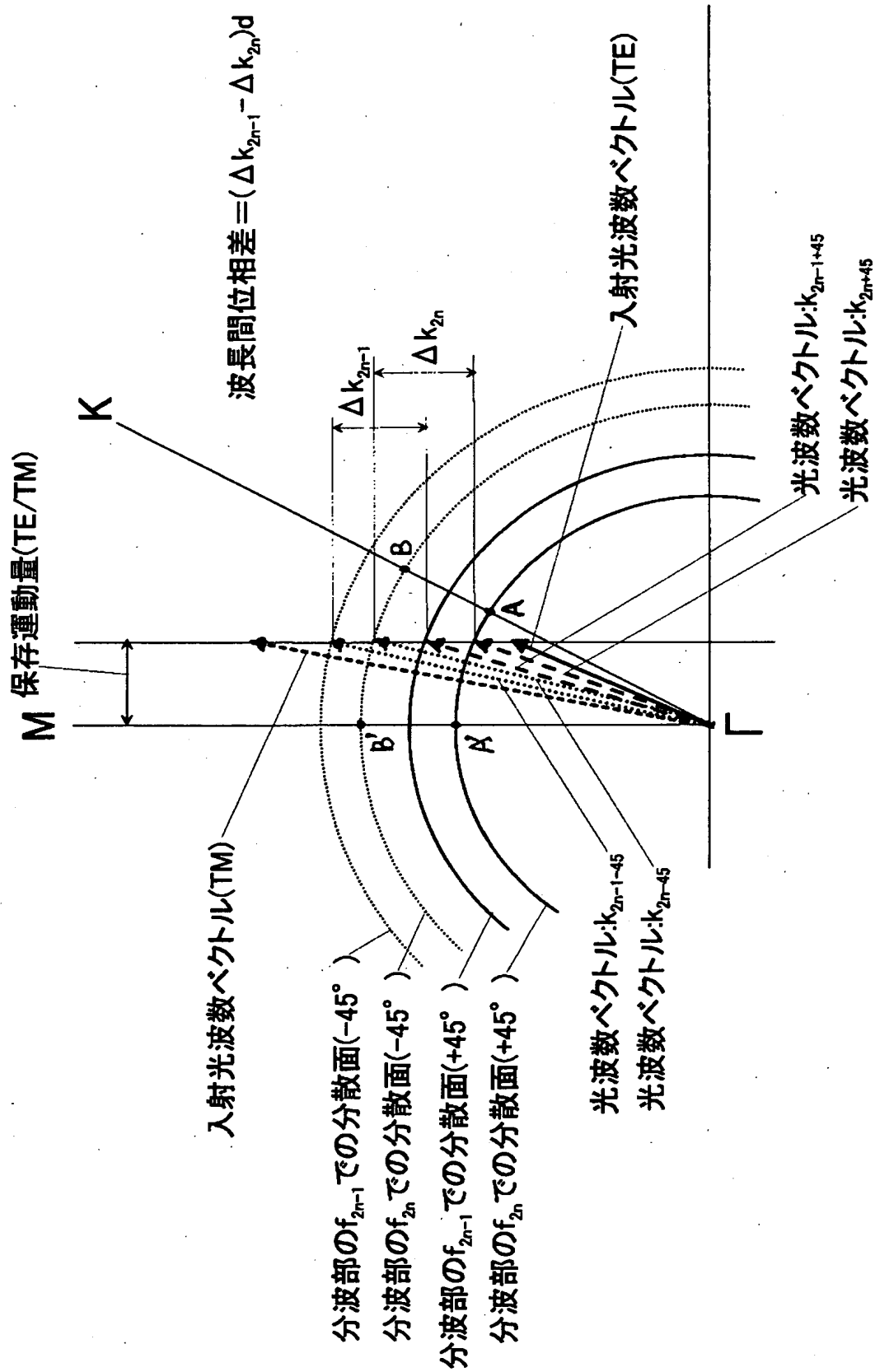
【図 3】



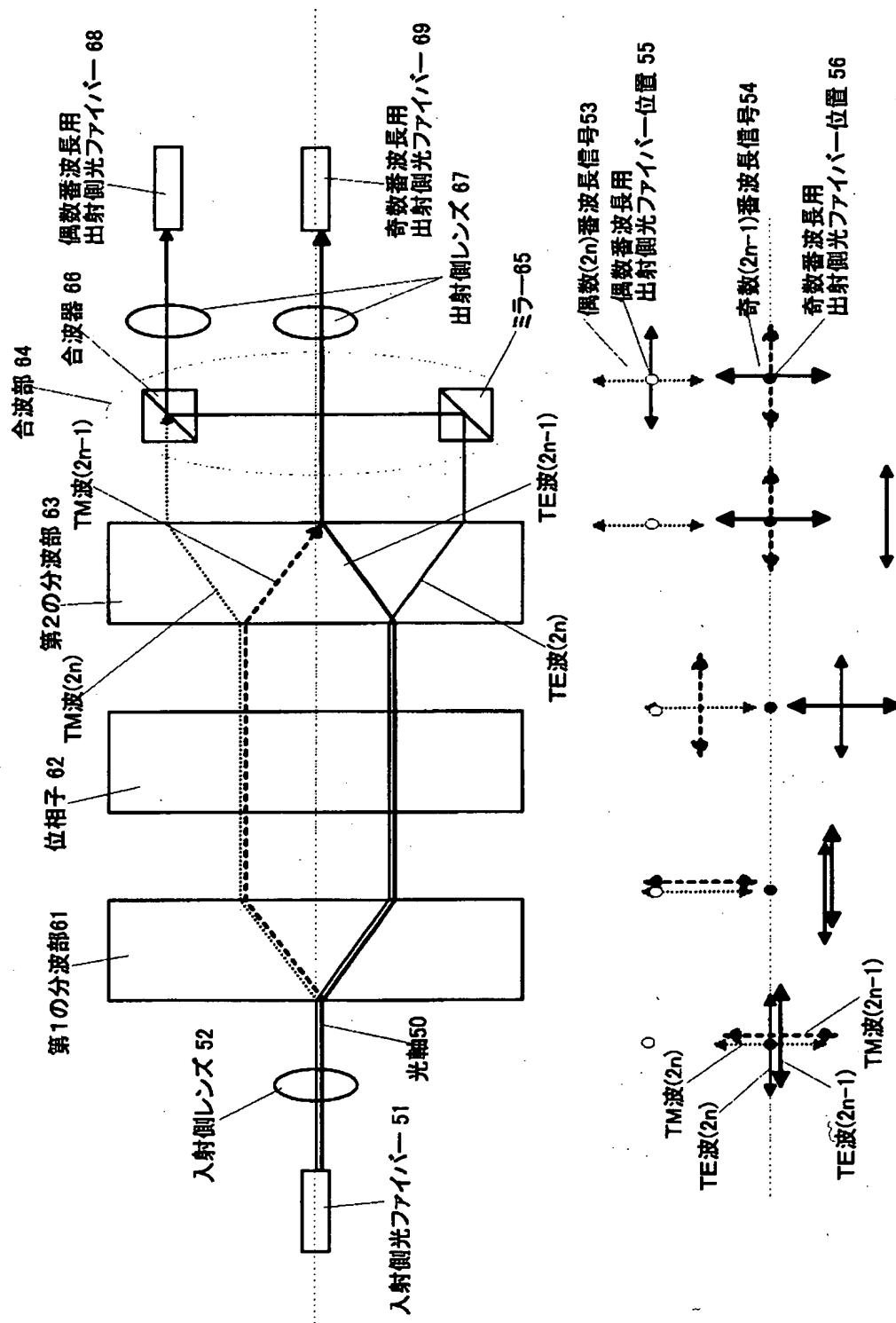
【図 4】



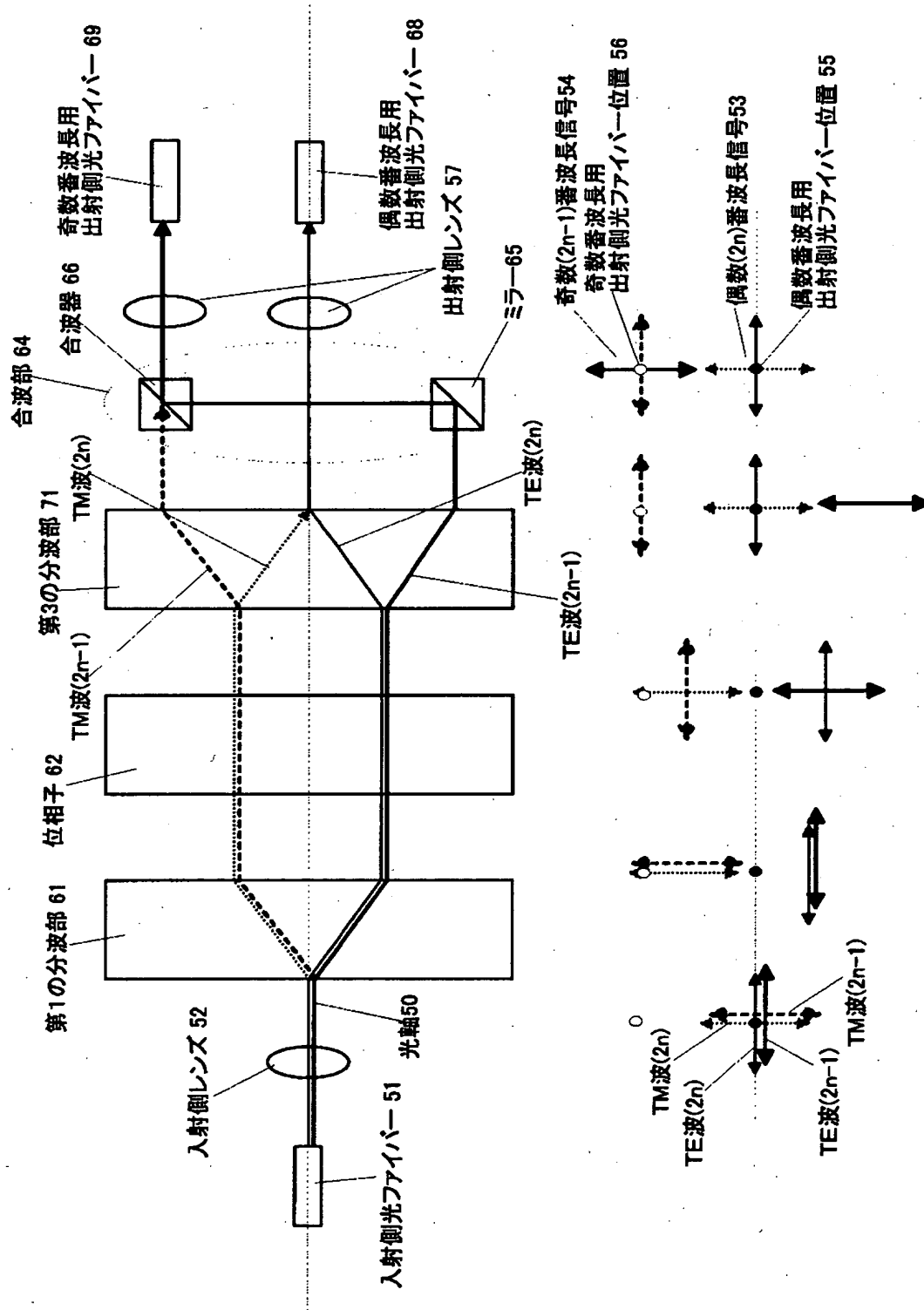
【図 5】



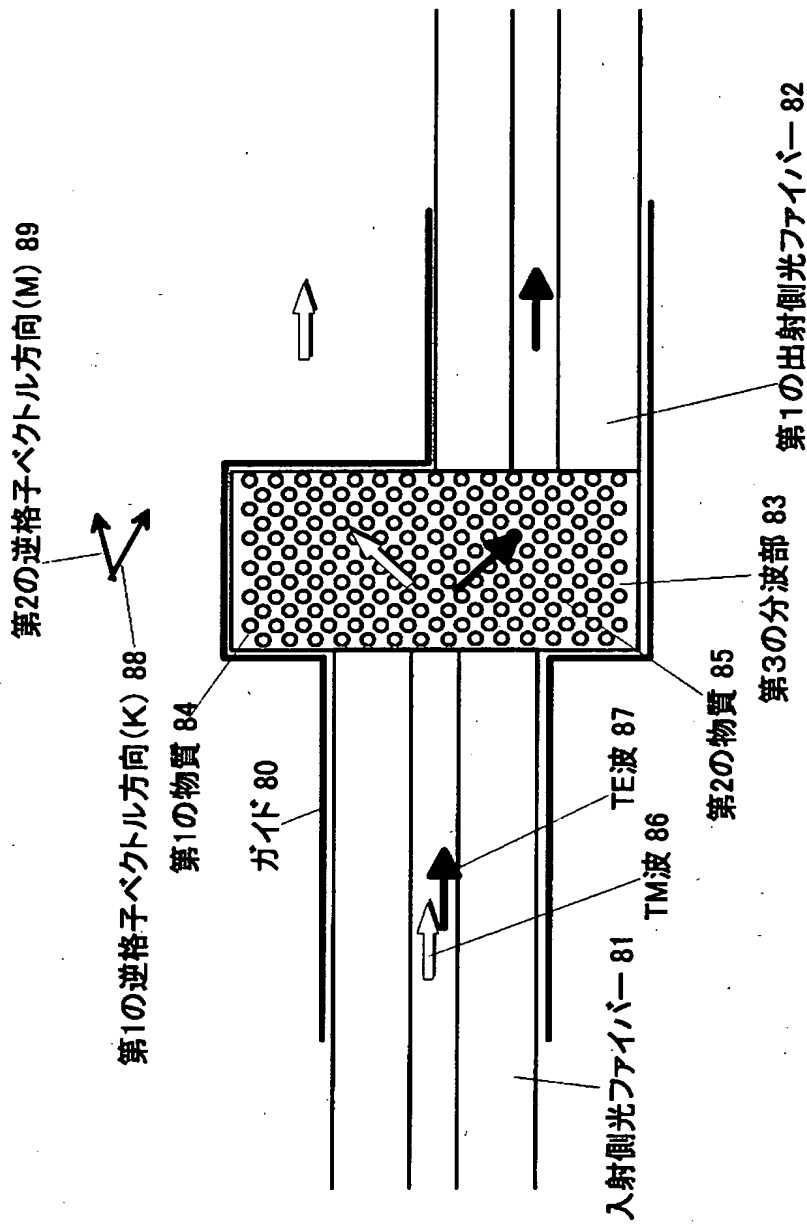
【図 6】



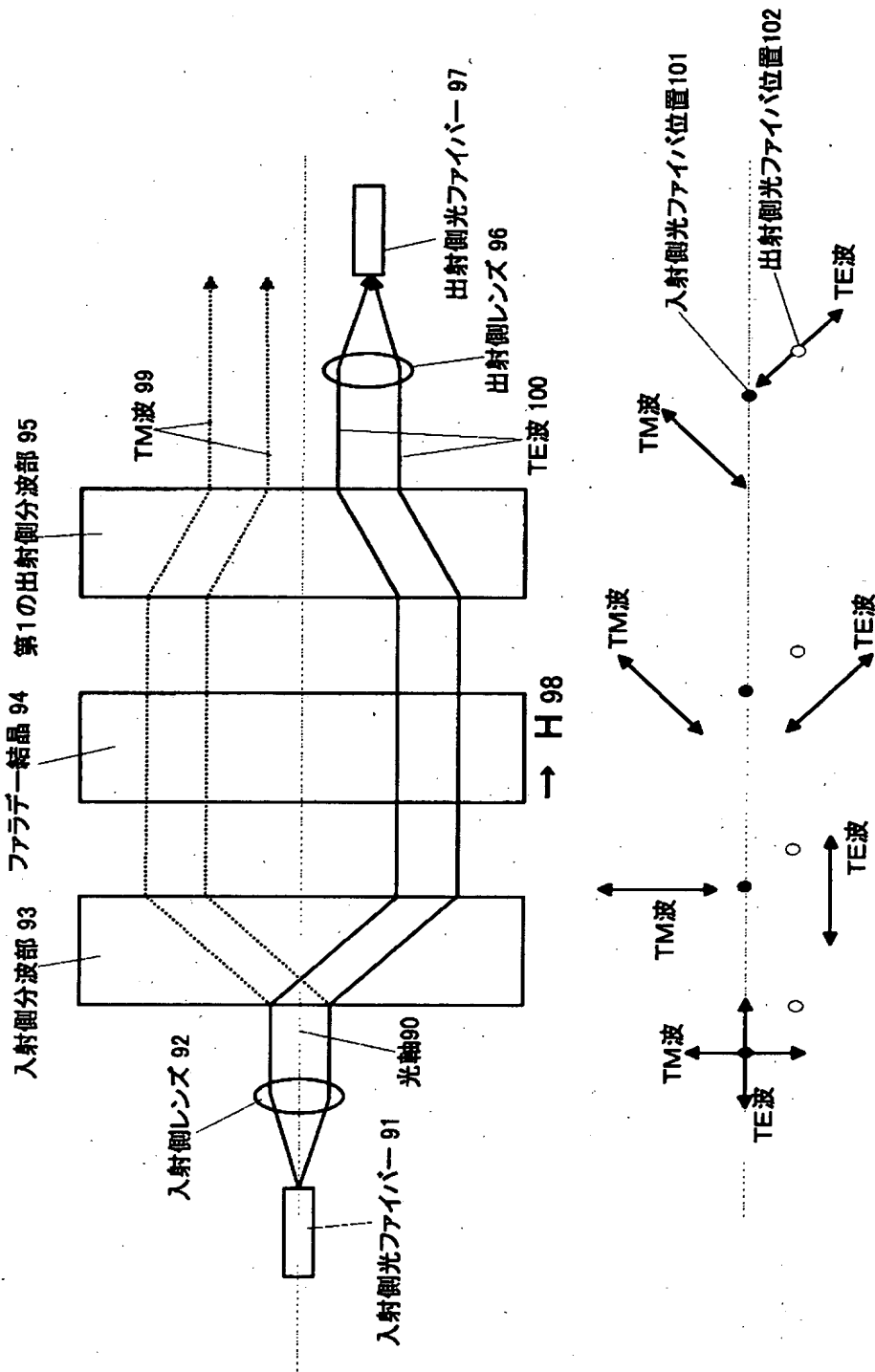
【図 7】



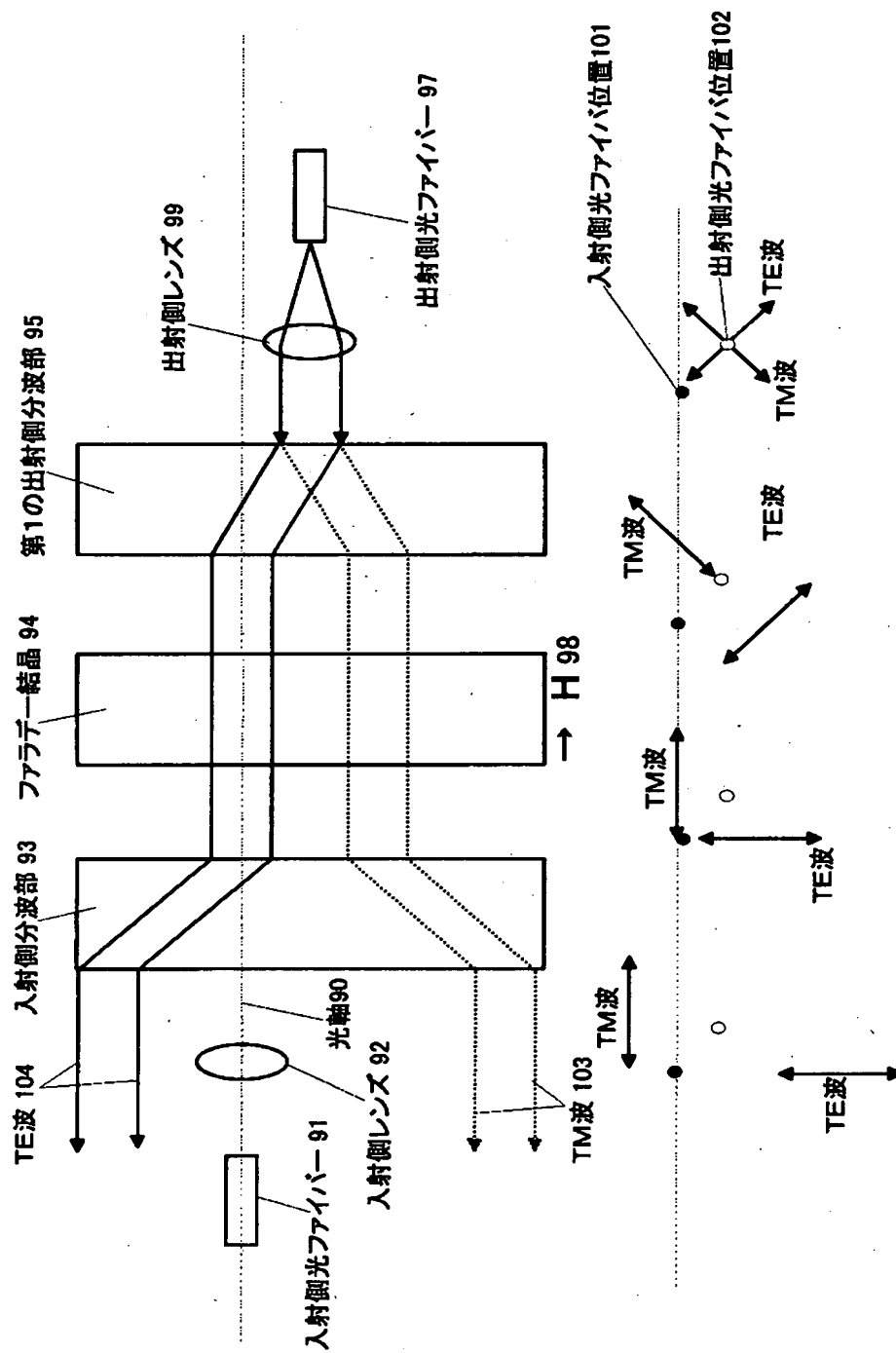
【図 8】



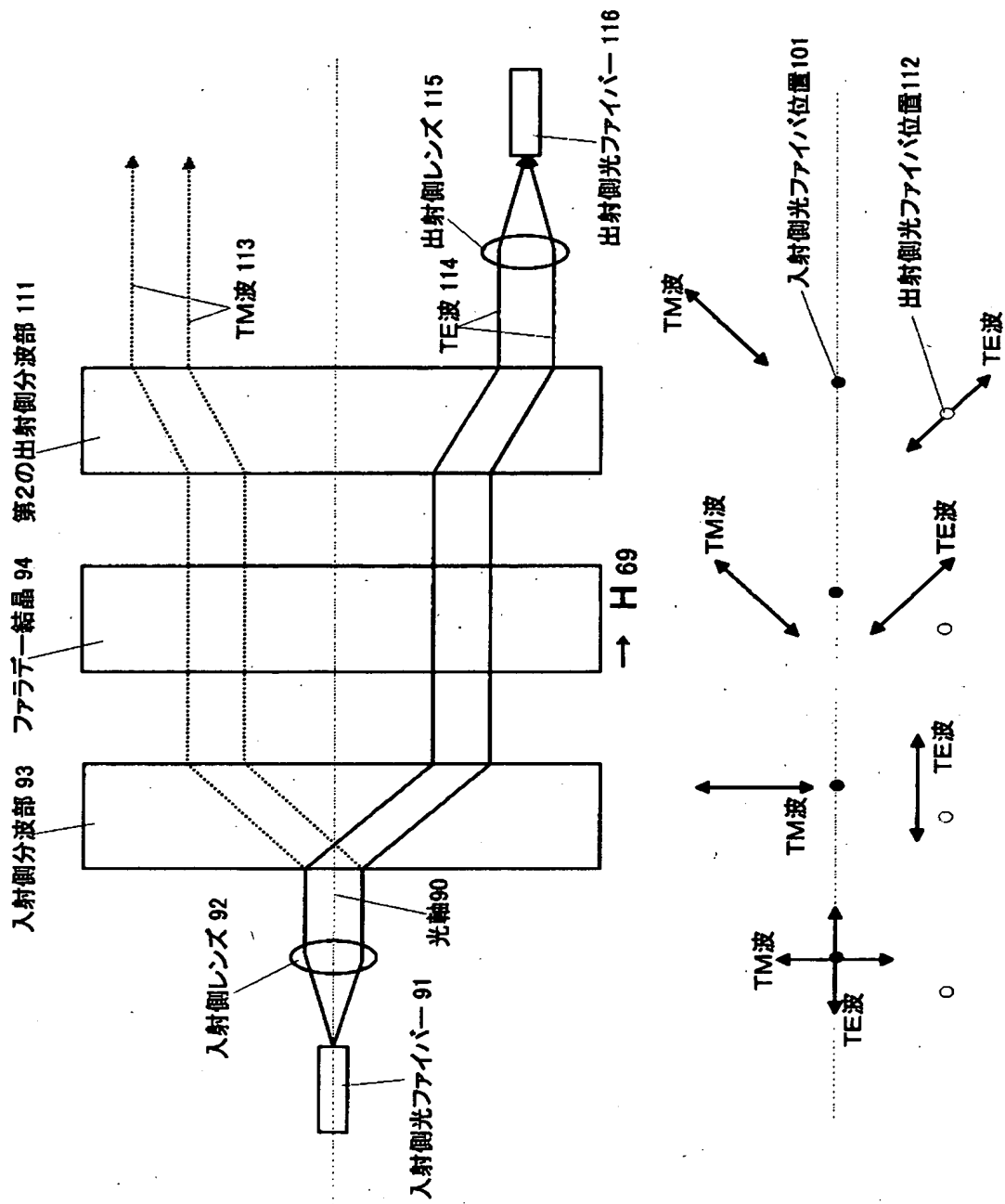
【図 9】



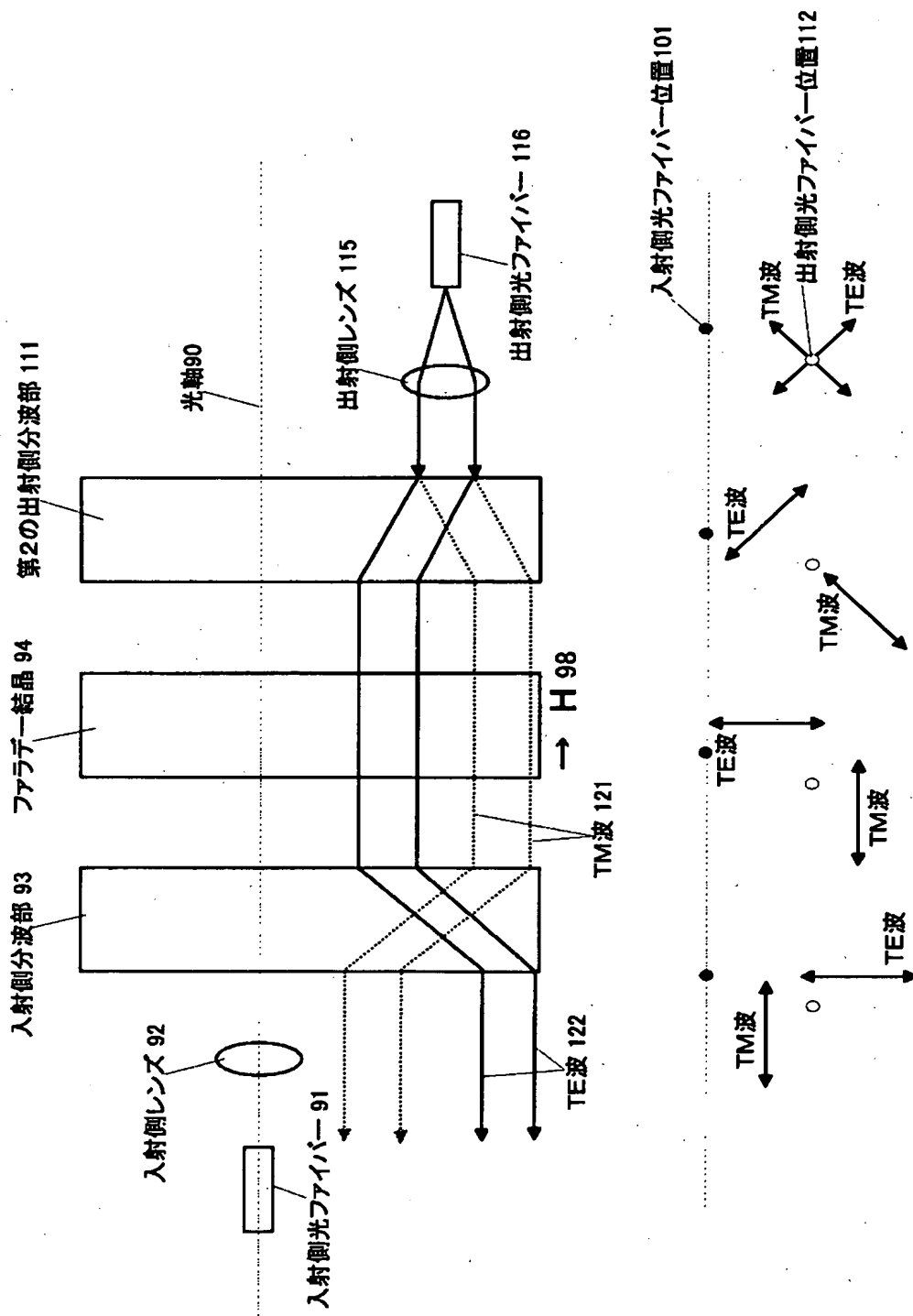
【図10】



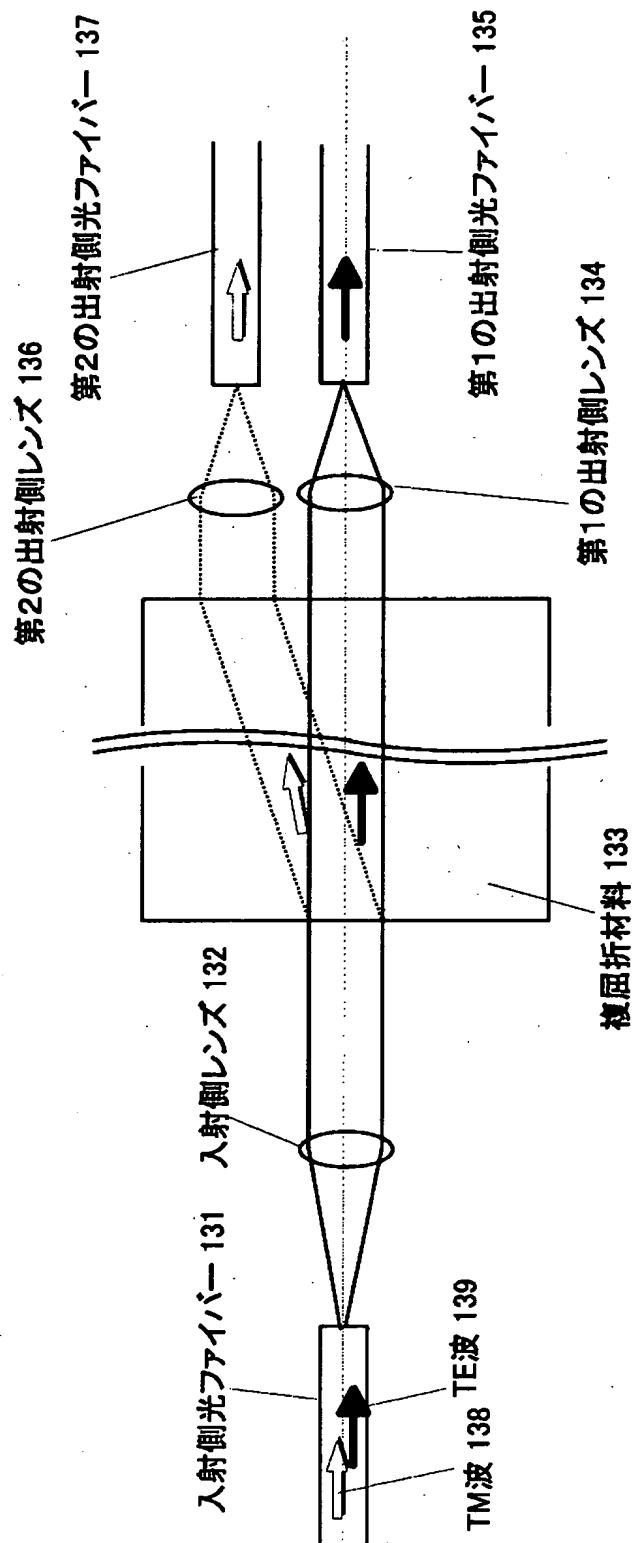
【図 11】



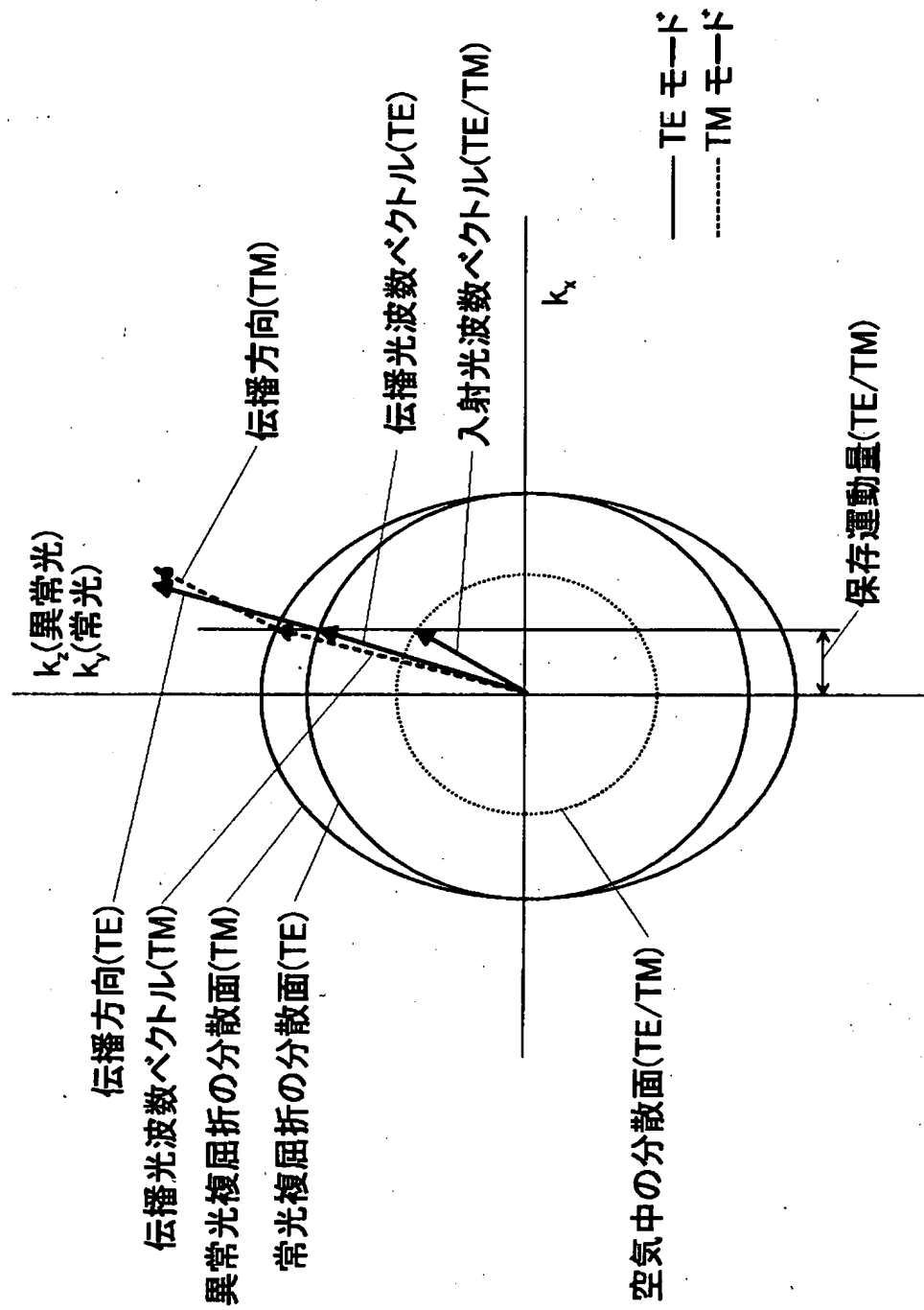
【図12】



【図 13】



【図14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 部品の小型化と部品点数の低減による光学系の小型化と低コスト化が従来の課題であった。

【解決手段】 屈折率の周期的変化を有し、周期構造の複数の逆格子ベクトルの内、第1及び第2の逆格子ベクトルの相互角度が 90° 以下で、第1の逆格子ベクトルのTE波の波数がTM波の波数よりも大きく、第2の逆格子ベクトルのTE波の波数がTM波の波数よりも小さい第1の光学部材、奇数番目波長と偶数番目波長間で一定の偏光状態差をつける位相子、第1の光学部材に前記第1の逆格子ベクトルと第2の逆格子ベクトルを含む面と平行方向に前記光を入射させる入射部、第2の光学部材からの出射光を受光する受光部とを有する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社